

## MANUFACTURE OF FINE METAL PARTICLE HAVING NON-POROSITY

**Patent number:** JP1246307  
**Publication date:** 1989-10-02  
**Inventor:** HIDAKA KENSUKE; others: 02  
**Applicant:** FUKUDA METAL FOIL & POWDER CO LTD  
**Classification:**  
- **international:** B22F9/08  
- **european:**  
**Application number:** JP19880072705 19880325  
**Priority number(s):**

## Abstract of JP1246307

**PURPOSE:** To stably manufacture fine metal particle having nonporosity and small particle size at good yield by pouring molten metal into a tundish having fine hole at bottom part and giving the specific vibration to the whole tundish.

**CONSTITUTION:** The molten metal is poured into the tundish having fine hole at the bottom part. Successively, the vibration containing vertical component having  $\geq 30$  times/sec number of the vibration and  $\geq 0.1$  mm amplitude is given to the whole tundish. By this method, the molten metal is forcedly flowed out from the above fine hole and also cut into piece and dripped. This dropped molten drips are cooled and solidified into the water vessel arranged at lower part and collected. By this method, the fine metal particle having non-porosity and  $\leq$  about 2 mm particle size and narrow particle size distribution is stably obtd. at high yield.

---

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

6

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平1-246307

⑬ int. Cl. 4

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成1年(1989)10月2日

B 22 F 9/08

C-6675-4K

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全5頁)

⑮ 発明の名称 無気孔金属細粒の製造方法

⑯ 特 願 昭63-72705

⑰ 出 願 昭63(1988)3月25日

⑱ 発 明 者	日 高	謙 介	京都府京都市左京区岩倉忠在地町6番地
⑲ 発 明 者	田 中	完 一	京都府八幡市八幡北浦8番地
⑳ 発 明 者	松 浦	幹 彦	京都府京都市西京区大枝西新林町5丁目20番地
㉑ 出 願 人	福田金属箔粉工業株式		京都府京都市下京区松原通室町西入中野之町176番地
	会社		

明 細 書

1. 発明の名称

無気孔金属細粒の製造方法

2. 特許請求の範囲

(1) 底部に細孔を有するタンディッシュに、熔融金属を注入し、タンディッシュ全体に、振動数30回/sec以上、振幅0.1mm以上の垂直成分を含む振動を与え、タンディッシュ底部の細孔より熔融金属を強制流出させるとともに垂直方向に分断して、滴下させることを特徴とする無気孔金属細粒の製造方法。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、粉末冶金用、ろう付用、ショットピーニング用などに使用される無気孔金属細粒の製造方法に関するものである。

(従来の方法)

従来、金属細粒の製造方法は、金属粉末の製造方法と同様、ガス又は水アトマイズ法によって行われる。この方法は、タンディッシュ底部の細孔から

の熔融金属流を、高圧ガス流又は高圧水流によって噴霧し、粒状化した後、分級して所定の粒径の金属細粒を得るものである。しかしながら、この方法で得られる金属細粒は内部に空孔がある粒子が多数存在し、無気孔な細粒を得るためには複雑な選別工程が必要である。さらに、アトマイズ法によって得られる金属粒はその粒度巾が広いため、ねらいとする細粒を得る分級収率はかなり低い。以上のごとく、アトマイズ法で無気孔細粒を得る収率は、前記の分級及び選別によって著しく低くなるという欠点がある。

また、金属ショットの製造方法として特開昭61-117205に開示されているごとく、

①タンディッシュ底部に多数の細孔を設け、熔融金属流を細くする。

②ねらいとするショット粒径に応じて、細孔径及びタンディッシュ内の溶湯ヘッドをコントロールする。

③タンディッシュ全体を左右動させるか、又は回転運動させて、熔融金属流に剪断力を与え、溶融

金属流を不連続流とする。

④不連続化した熔融金属液滴を水中に落し、凝固させてショットとする。

という方法がある。この方法では、得られた金属粒の内部空孔は少なく、しかも、おらいとする粒径の金属粒を比較的高い収率で製造することができる。しかしながら、この方法は、ショットの粒径が2~5mmの粗粒を製造するのに適しており、本発明の目的とする粒径がおよそ2mm以下の細粒を製造するには、タンディッシュの細孔径をさらに小さくせねばならない。このため、細孔から熔融金属がうまく流出しなかったり、また、流出しても極めて不安定であったりして安定した製造ができないという欠点がある。

(発明が解決しようとする問題点)

本発明は、上記従来の方法の欠点を解決しようとするもので、無気孔で、しかも粒径が約2mm以下の金属細粒を収率よく、かつ安定して製造できる方法を提供しようとするものである。

(問題を解決するための手段)

吸引され、2次噴霧される。その結果、内部に空孔ができ、外側が粒子形態を残した空孔粒子が生成される。粒径が0.2mm以上の熔融粒子では、前記の表面固化・内部熔融の状態が起こりやすく、しかも粒径が大きいほど、噴霧時に与えられた初速の減速度合いが小さいため、高速飛行を維持することなどで、微細な金属粉末などに比べ、空孔粒子の発生率が非常に高くなる。

以上のことから、無気孔金属粒子を得るには、熔融粒子の飛行速度をできるだけ遅くすればよいという推定がなりたつ。熔融金属粒子の飛行速度を最も遅くする方法として、熔融金属粒子を自然落下させる方法がある。そこで、本発明者らは、タンディッシュ底部に細孔を設け、それに熔融金属を注入して自然落下させる方法を検討した。その結果、この方法で得られる金属粒は推定したとおり、内部に空孔はほとんどないことが確認された。なお、この方法では、落下粒子が完全に凝固するには、相当長い距離を必要とするため、装置の高さを相当高くする必要がある。そこで、装置が高

本発明は、底部に最高を有するタンディッシュに、熔融金属を流入し、タンディッシュ全体に、振動数30回/sec以上、振巾0.1mm以上の垂直成分を含む振動を与え、タンディッシュ底部の細孔より熔融金属を強制流出させるとともに垂直方向に分断して、滴下させることを特徴とする無気孔金属細粒の製造方法である。

(作用)

次に、本発明の方法に限定した理由について述べる。

本発明の目的の1つは無気孔金属粒を得ることである。本発明者らは、アトマイズ法による金属粒の製造方法を検討した結果、空孔粒子の生成機構は、概ね次のとおりであることがわかった。即ち、噴霧された熔融粒子が、気体中を飛行しながら凝固する過程の初期段階で、粒子の表面層のみ固化し、内部がまだ熔融状態を保つ時期がある。この状態での粒子飛行速度が大きいときは、飛行粒子の背面(飛行方向の後方)に負圧が生じ、この負圧により、粒子内部の熔融金属が粒子外部に

くなるのを防ぐため、ある程度粒子表面が固化した後、水中に落下させて完全に凝固させて捕集を行うことにした。この方法によっても金属粒の内部空孔はほとんどないものが得られることがわかった。

次に、本発明の目的のもう1つは、約2mm以下の金属細粒を収率よく、かつ安定して製造できるようにすることである。本発明者らは、前記タンディッシュ底部に種々の径の細孔を設け、熔融金属を注入して自然落下させる実験を行った。その結果、細孔径が3mmφ以上では熔融金属は容易に流出するが、細孔径が3mmφ以下になると熔融金属の流出は不安定となり、特に2mmφ以下になると熔融金属の流出が途絶えることが多く見られた。また、この方法で得られる金属粒子径(Dp)と細孔径(Do)との関係調べた結果、概ね、

$$D_o < D_p < 3D_o$$

であることがわかった。

上記の金属粒の粒度巾は、アトマイズ法に比べかなり狭くなっているものの、まだ多少の広がりがある。

ある。また、タンディッシュ底部の細孔から、熔融金属が安定して流出できる最小径は $3\text{mm}$  以下であることから、この方法で得られる金属粒の最小のものは $3\sim 9\text{mm}$  程度のものとなり、目的とする粒径 $2\text{mm}$  以下の細粒は得られない。

そこで、本発明者らは、タンディッシュ底部の細孔径が $2\text{mm}$  以下でも熔融金属を安定して流出させることができ、かつ細粒が得られる条件について検討をおこなった。

まず、細孔径を小さくしていくと、熔融金属の流出が停止する条件について考察してみる。第1図のモデルで、熔融金属が流出するか停止するかの境界の細孔径 $D_c$ における釣り合い状態を考えると、熔融金属を流出させようとする力 $F$ は、熔融金属が流出しようとする細孔側面との粘性抵抗力 $R$ と細孔底面に形成される熔融金属の表面張力 $T$ の合力に等しい。即ち、

$$F = R + T \quad \text{----- ①}$$

が成り立つ。ここで、

$$F = \pi D_c^2 h \rho g \quad \text{---- ②}$$

逆比例していることに注目し、若し、下向の加速度成分を $g$ より大きくすることができれば、 $D_c$ を小さくすること——即ち、 $2\text{mm}$  以下の細孔径で熔融金属を安定して流出させること——ができるはずである。以上のことから、垂直成分を含む振動を与えることを考えてみる。解析を容易にするため、垂直面内で半径 $a$ 、加速度 $\omega^2$ で等速円運動を与えたときの、垂直方向の時間 $t$ における加速度成分は、

$$\frac{d^2 y}{dt^2} = a \omega^2 \sin \omega t \quad \text{----- ③}$$

となる。これが、前記⑤式の $g$ に加算されるので、垂直円運動の振動を与えたときの、時間 $t$ における見掛けの釣り合い細孔径 $D_{ct}$ は、

$$D_{ct} = k \cdot \frac{1}{g + a \omega^2 \sin \omega t} \quad \text{---- ④}$$

$$k = \frac{\nu \ell + \tau}{h \rho}$$

となる。ここで、見掛けの釣り合い細孔径 $D_{ct}$ は、実際に存在するものではなく、時間 $t$ における $D_{ct}$

$$R = \nu \pi D_c \ell \quad \text{----- ⑤}$$

$$T = \tau \pi D_c \quad \text{----- ⑥}$$

$\rho$  : 熔融金属の比重

$g$  : 重力の加速度

$\nu$  : 細孔側面との単位長さ当たりの粘性抵抗力

$\tau$  : 細孔底周面での単位長さ当たりの表面張力

であるから、②、③、④を①式に代入して、整理すると、

$$D_c = \frac{(\nu \ell + \tau)}{h \rho} \cdot \frac{1}{g} \quad \text{----- ⑤}$$

が得られる。⑤式において、 $g$ は定数、また、熔融金属の材質が決まれば、 $\nu$ 、 $\tau$ 、 $\delta$ も定数となるので、 $D_c$ を小さくするためには、 $\ell$ を小さくするか、 $h$ を大きくするしかない。しかしながら、上記のことを行うには、タンディッシュの強度等から実用上限界があり、実際には、 $D_c$ は $2\text{mm}$  前後となる。 $D_c$ を $2\text{mm}$  以下にすること——即ち、 $2\text{mm}$  以下の細孔径で熔融金属を安定して流出させること——ができない。

次に、⑤式において、 $D_c$ は下向の加速度成分 $g$ に

が $D_c$ に等しいときに釣り合い状態が保たれることを意味し、 $D_{ct}$ が $D_c$ より大きくなると熔融金属の流出が起り、 $D_{ct}$ が $D_c$ よりも小さくなると、熔融金属の流出が止まることを意味する。

そこで、

$$a \omega^2 \sim g$$

になるよう、 $a$ 、 $\omega$ を選択することにより、①式より $D_{ct}$ は、

$$D_{ct1} > D_c > D_{ct2}$$

とすることができる。即ち、時間 $t_1$ においては熔融金属は流出し、時間 $t_2$ においては流出が停止するようにすることができる。このことを言いかえると、第2図に示すごとく、熔融金属には強制的な流出効果と垂直方向への分断力が $\omega/2\pi$ の一定周期で繰り返し働くことになる。その結果、一定量の熔融金属が細孔から押出され、分断されて滴下する。従って、得られる細粒の粒径は非常によく揃ったものになる。さらに、細孔径が一定でも、振動数を変化させることにより、ねらいとする細粒径をコントロールすることができる。図

-3に、細孔径1.5mm φ、振巾0.2mm、振動方向30°

(水平面に対して)の一定とし、振動数を変化させたときに得られる、純銅粒の粒度分布を示す。第3図からわかるごとく、振動数が増加するに従って、得られる純銅粒の粒度は細かい方に移行するが、いずれの振動数においても、ある粒度を中心にして粒度が揃っていることがわかる。

本発明において、振動数30回/sec以上、振巾0.1mm以上の垂直成分を含む振動に限定した理由は、これ以下では、振動の効果がえられないためである。このことは、垂直方向の振動の加速度成分が④式からわかるごとく、その最大値は $a \omega^2$ によって決まる。従って、

$$a \omega^2 = \frac{x}{2} (2\pi f)^2 \quad \text{----- ④}$$

$x$  : 振巾

$f$  : 振動数

であるから、④式に $x=0.01(\text{cm})$ 、 $f=30(1/\text{sec})$ を代入すると、

$$a \omega^2 \approx 177 (\text{cm}/\text{sec}^2)$$

となる、これは $g=980(\text{cm}/\text{sec}^2)$ に比べ、あまり大きな値でないことからみても明白である。

以上、垂直成分を含む振動を説明の都合上、円運動についてのみ触れたが、振動波形は特に限定せず、例えば、パルス状波形、三角波形、鋸歯状波形の振動を与えても全く同様の効果は得られる。なお、振動数及び振巾の上限はタンディッシュの材質、厚さ、即ち、タンディッシュの強度、または振動源及び付帯装置の限界等により決まるものであり、本発明の本質的技術思想によるものではないので、その上限は規定しなかった。

以下、本発明の実施例と比較例を示す。

#### 〔実施例・比較例〕

ニッケルろう(BN1-2)の溶湯から細粒を製造する実験を行った。表1に、本発明の方法(№1~4)と比較例として本発明の方法の範囲外の条件(№5~7)について、その条件と結果を示す。

この製造実験では、タンディッシュは内径50mmφ、深さ150mmのアルミナルツボを用い、底部中央に細孔を1個有するものとした。振動源は№1~6

については電磁式バイブレータを、№7については機械的な駆動装置を用いた。ニッケルろう(BN1-2)の溶湯を予め、電気炉中、Ar雰囲気中で1400℃に加熱し、タンディッシュに注湯した。また、溶湯のヘッドは約100mmに保つよう注湯量を調節した。

ルツボ底部の細孔から滴下した溶湯は、その下に設けた水槽中で冷却し捕集した。ここでルツボ底部と水槽水面までの距離は約1mとした。

表1から明らかなように、本発明の方法では8~16メッシュの細粒が安定して製造でき、かつ、高い収率を示しているのに対し、比較例に示す条件の方法では、製造が全くできないか、またできても非常に不安定であり、その収率も極めて低いことがわかる。

また、本発明の方法で得られた、ニッケルろう(BN1-2)8~16メッシュ細粒の断面を調べたところ、内部空孔はほとんど認められなかった。

表1

番号	振動源	振動数 (回/sec)	振巾 (mm)	振動方向 の傾斜角 (°)	振動の垂直成分 の有無	8~16メッシュの細粒 の収率(%)	振動の方向 の傾斜角 (°)	振動の垂直成分 の有無	振動の方向 の傾斜角 (°)	振動の垂直成分 の有無	振動の方向 の傾斜角 (°)	振動の垂直成分 の有無
1	電磁式バイブレータ	80	0.5	45	安定	88	45	安定	88	45	安定	88
2	電磁式バイブレータ	60	0.5	30	安定	84	30	安定	84	30	安定	84
3	電磁式バイブレータ	40	0.1	60	安定	76	60	安定	76	60	安定	76
4	電磁式バイブレータ	120	1.0	10	安定	70	10	安定	70	10	安定	70
5	電磁式バイブレータ	80	0.3	0	不安定	15	0	不安定	15	0	不安定	15
6	電磁式バイブレータ	5	30	0	安定せず	-	0	安定せず	-	0	安定せず	-
7	機械的な駆動装置	6	30	0	不安定	8	0	不安定	8	0	不安定	8

【発明の効果】

以上、実施例で述べたごとく、本発明の方法は、従来の技術でなし得なかった、無気孔細粒を高収率で、しかも安定して製造することができる。従って、その経済的効果は極めて大きい。

4. 図面の簡単な説明

第1図は溶融合金がタンディッシュ内で釣り合い状態となる模式図、第2図は本発明の方法による溶融合金細粒の生成を示す模式図、第3図は本発明によって得られる細粒の粒度分布と振動数との関係を示す1例である。

特許出人

栢田金属精粉工業株式会社

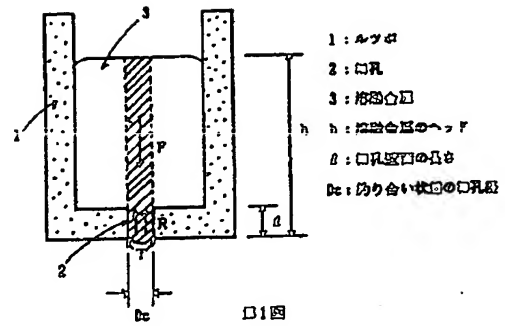


図1

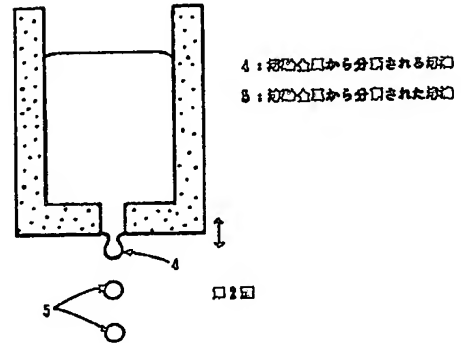


図2

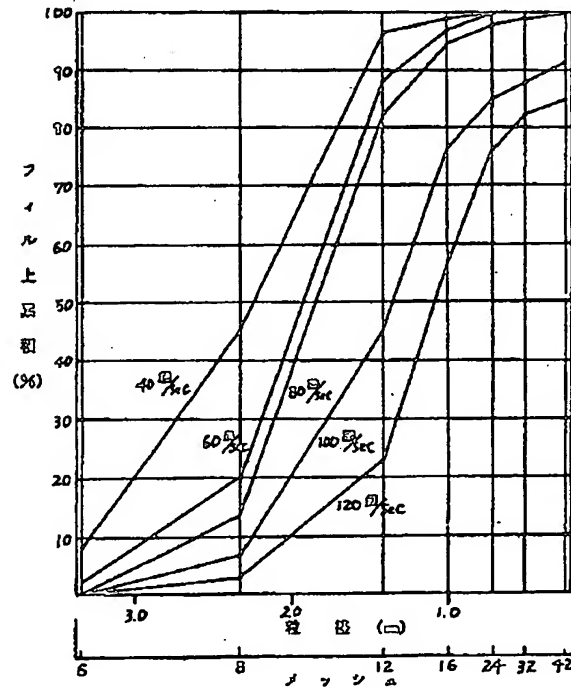


図3